Zur Kenntnis der Reizbarkeit der Centaurea-Filamente

von

Dr. Karl Linsbauer.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 4 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Dezember 1905.)

Die Reizbarkeit der Staubfäden von *Centaurea* und anderen Cynareen gehört zweifellos zu den beststudierten Kapiteln des pflanzlichen Bewegungsvermögens, seit durch Pfeffer's bekannte Untersuchungen der Bewegungsmodus aufgeklärt wurde. Haberlandt machte vor kurzem die Cynareen in seinem anregenden Werke über die Sinnesorgane im Pflanzenreiche neuerlich zum Gegenstande anatomisch-physiologischer Untersuchungen und glaubte, in den eigentümlich gebauten Haaren und Papillen, welche an den Filamenten der *Centaurea*-Arten regelmäßig auftreten, spezifische Sinnesorgane zur Perzeption mechanischer Reize nachweisen zu können.

Da ich und mein Bruder, Dr. L. Linsbauer, in dessen Gemeinschaft die Mehrzahl der nachstehenden Versuche durchgeführt wurde, bei einer gelegentlichen Untersuchung der Reizbarkeit von *Centaurea americana* einige nicht uninteressante Beobachtungen gemacht hatten, erweiterten wir den ursprünglichen Plan unserer Untersuchung und prüften die Trichome dieser Art auf ihre eventuelle Funktion als Sinnesorgane. Da wir uns in einigen Punkten in Widerspruch mit den Ergebnissen Haberlandt's befanden, zogen wir schließlich noch eine Anzahl anderer *Centaurea*-Arten, soweit

sie bei bereits vorgeschrittener Jahreszeit noch erhältlich waren, zum Vergleiche heran. Dem Gange der Untersuchung entsprechend, seien im nachstehenden die Beobachtungen an *C. americana* vorausgeschickt.

I. Beobachtungen über die Reizbarkeit von Centaurea americana.

Unter allen *Centaurea*-Arten dürfte *Centaurea americana* [1] eines der vorzüglichsten Objekte zur Demonstration reizbarer Staubgefäße abgeben, so daß sie in den festen Bestand jedes pflanzenphysiologischen Laboratoriums aufgenommen zu werden verdient. Die prächtigen, durch fiederförmig zerschlitzte, trockenhäutige Anhängsel der Hüllschuppen ausgezeichneten Blütenköpfe, welche bis 8 *cm* Durchmesser erreichen, sind aus sehr großen, meist hellvioletten [2] Blüten zusammengesetzt, deren schwarzviolette Antheren mit dem bei der Reizung vordringenden weißen Pollen lebhaft kontrastieren. Die Staubgefäße erreichen eine Länge von 18 *mm*, ein Umstand, der nicht allein ein sehr bequemes Experimentieren gestattet, sondern auch die Reizbewegungen besonders auffallend erscheinen läßt. Was aber unsere Pflanze besonders wertvoll macht, ist ein hoher Grad von Reizbarkeit und eine überraschend große Widerstandsfähigkeit ihrer Filamente.

Einige Versuche mögen das Gesagte illustrieren. Eine Blüte mit stark reizbaren Antheren wurde dem Köpfchen entnommen und nach Entfernung der Corolle, eine Operation, welche bei der Größe der Blüten sehr leicht mit Hilfe zweier Pinzetten durchzuführen ist, so zwischen zwei Korke geklemmt, daß bloß die Antherenröhre durch sie bedeckt war. In dieser Lage wurden die Filamente wiederholt mit einer Nadel gereizt. Obgleich sie sich in keinem dunstgesättigten Raume befanden, vielmehr gewöhnlicher Zimmeratmosphäre ausgesetzt

---

[1] Das Samenmaterial zu unseren Versuchspflanzen stellte uns in zuvorkommendster Weise die bekannte Erfurter Firma Haage & Schmidt zur Verfügung. Anzucht und Kultur der anspruchslosen Pflanze bietet keinerlei Schwierigkeit.

[2] Die weißen Varietäten besitzen rosa gefärbte Antheren und gleichfalls weißen Pollen.

waren, erwiesen sie sich nach neun Stunden noch deutlich reizbar. Eine andere in gleicher Weise adjustierte Blüte wurde innerhalb einer halben Stunde zwanzigmal mit bestem Erfolge gereizt, ohne daß ein Starrezustand eingetreten wäre, wenngleich anfänglich vielleicht eine etwas geringere Stoßkraft zur Auslösung der Reaktion hinreichte. Die Latenzzeit betrug jedenfalls weniger als eine Sekunde, die Dauer der Kontraktion zirka 7 bis 13 Sekunden; in 50 bis 60 Sekunden war die ursprüngliche Ruhelage des Filamentes wieder erreicht. Die Reizbarkeit kehrt hingegen, wie bereits Cohn[1] angibt, schon während der rückläufigen Bewegung zurück. Höchst überraschend war es, daß selbst 1 bis 3 *mm* lange Fragmente von Staubfäden ihre Reizbarkeit längere Zeit hindurch beibehielten. Daß diese zarten Objekte ihre Turgeszenz so lange erhalten konnten, beruht wohl nicht allein auf dem durch die verhältnismäßig kräftige Cuticula der Filamente erzielten Transpirationsschutz, sondern auf dem Vermögen, das Wasser mit großer Zähigkeit festzuhalten. Es bliebe sonst unverständlich, daß nicht die Verdunstung an den beiden Schnittflächen allein ein rasches Vertrocknen bewirkte.

Die Angabe Pfeffer's, der zufolge bei den Cynareenstaubgefäßen durch »jede erfolgreiche Reizung explosionsartig die volle Bewegungsamplitude ausgelöst wird«, bestätigte sich bei unserer Pflanze, wie wir mit Sicherheit nachweisen konnten, nicht. Eine schwache Berührung der Filamente hat vielmehr nur eine submaximale Reizbewegung zur Folge.[2] So wurde z. B. ein intaktes Filament mit einer Borste sanft berührt; es reagierte auf diesen Reiz mit einer schwachen Kontraktion. Als nach wenigen Sekunden die Bewegung zum Stillstande kam, wurde ein neuerlicher Reiz durch das Fortschreiten der Kontraktion beantwortet. Erst bei drittmaliger Reizung legte sich das Filament dem Griffel an und erreichte somit seine maximale Bewegungsamplitude. Während diese Beobachtungen mit Hilfe des Zeiß'schen binokularen Mikroskopes durchgeführt

---

[1] Jahresber. d. Schles. Gesellsch. für vaterl. Kultur, 1861.

[2] Die gleiche Beobachtung konnte auch an anderen *Centaurea*-Arten gemacht werden.

wurden, läßt sich an Antheren, welche in der üblichen Weise an der Basis abgetrennt und aus der Korollenröhre herausgezogen wurden, eine ähnliche Erscheinung schon mit unbewaffnetem Auge verfolgen. Eine schwache Reizung der Außenseite der Filamente ruft nur eine mäßige Zunahme ihrer Konkavität hervor, eine nachfolgende kräftigere Zerrung bewirkt hingegen ein völliges Zurückschlagen des Filamentes.

Wird den Filamenten unter vorsichtiger Vermeidung jeglicher Berührung eine heiße Nadel genähert, so reagieren sie hierauf in gleicher Weise wie auf direkte mechanische Reizung. Diese Reaktion, welche auch an anderen Arten beobachtet werden kann, ist aber wohl nicht als Ausdruck einer spezifischen Sensibilität aufzufassen. Die plötzliche Temperaturerhöhung bewirkt vermutlich eine Verschiebung der Wasserverteilung im Filamente und als Folge davon einen Druckwechsel, welcher vom Staubfaden in derselben Weise wie Stoß oder Zerrung wahrgenommen wird.[1]

In diesem Zusammenhang ist auch einer anderen biologisch sehr bemerkenswerten Beobachtung zu gedenken, welche wir zu wiederholten Malen sowohl an der intakten Pflanze wie an abgeschnittenen Köpfchen anstellen konnten. Beobachtet man nämlich ein Blütenköpfchen (namentlich am Morgen), so nimmt man nicht selten an vereinzelten Blüten eine schwingende oder kreisende Bewegung ihrer Antherenröhre wahr, ohne daß ein direkter Reizanlaß zu erkennen wäre. Nachstehend sei aus unseren Aufzeichnungen nur ein Beispiel aufgeführt, aus welchem die Häufigkeit dieser Bewegung entnommen werden kann. Die Beobachtung wurde an einem sonnigen Morgen (9. August, 8^{h} 50^{m} a. m.) an einem noch nicht völlig aufgeblühten Köpfchen durchgeführt. Die in fortlaufenden Vertikalreihen angeordneten Zahlen bedeuten die Anzahl der Sekunden, welche zwischen der Bewegung je zweier Blüten verstrichen.

15	5	20	96	3	11
20	14	25	8	12	2
14	14	42[2]	1	9	4

[1] Vergl. Pfeffer, II/2, p. 442.

[2] Diese Blüte bewegte sich seit Beginn der Beobachtung bereits zum zweiten Male.

34	4	53	20	8	23
11	12	39	9	22	6
15	20	5	14	7[1]	4
187	10	11	19	11	9
15	15	25	5	22	9[1]

Aus diesen Zahlen erhellt, daß sich innerhalb 16 Minuten bei mehr als 50 Blüten eine anscheinend spontane Bewegung der Filamente einstellte. Dabei ist zu bemerken, daß nicht etwa durch Bewegung einer Antherenröhre die Filamente benachbarter Blüten gereizt worden sein konnten, da die Bewegung ganz unregelmäßig bald äußere, bald innere, meist aber weit voneinander entfernte Blüten ergriff. Wenn diese Bewegung spontan genannt wurde, so soll damit nur gesagt sein, daß sie unabhängig von einem direkten mechanischen Reiz vor sich geht. Offenbar wird sie durch eine plötzliche Wasserverschiebung in den Filamenten eingeleitet, die ihrerseits wieder von äußeren oder inneren Bedingungen abhängig sein kann.

Die Folge dieser spontanen Bewegungen ist das Austreten des Pollens aus der Antherenröhre, ohne daß sich ein Insektenbesuch eingestellt hätte. Diese Form der Bewegung ist keineswegs mit der bekanntlich im Alter eintretenden allmählichen Verkürzung der Filamente zu verwechseln. In unserem Falle ging die Kontraktion immer wieder zurück, während sich gleichzeitig eine unverminderte Reizbarkeit einstellte.

Die biologische Bedeutung der Reizbarkeit der Antheren ist unter solchen Umständen nicht leicht zu verstehen. Ein sicheres Urteil ließe sich natürlich nur in der Heimat der Pflanze gewinnen. Es wäre aber denkbar, daß der infolge der spontanen Bewegung der Filamente austretende Pollen die Insekten zum Blütenbesuche anlockt, durch deren Bewegung andere Blüten gereizt werden, welche ihrerseits die pollenverzehrenden Insekten mit neuerlich ausgeschiedenem Blütenstaub beladen.

---

[1] Es bewegen sich zwei Blüten gleichzeitig.

II. Über die Bedeutung der Staubfadenhaare der Centaurea-Arten.

Nachdem sich unsere *Centaurea* als ein in jeder Beziehung günstiges Versuchsobjekt erwies, bemühten wir uns, auch die Frage nach der Funktion der Staubfadenhaare an unserer Pflanze zu untersuchen. Kabsch[1] hat bereits die Vermutung geäußert, daß die Trichome eine wichtige Rolle bei der Reizbarkeit der Filamente spielen, doch wurde seine ungenügend begründete und, wie Haberlandt mit Recht hervorhebt, unklare Vorstellung bereits von Pfeffer abgelehnt. Aber auch die Angaben H. Müller's, welcher Haberlandt zufolge als erster ausdrücklich die Reizbarkeit der Haare von *Centaurea* betonte, sind nichts weniger als beweisend, da aus der Tatsache allein, daß ein Anstoßen an die Haare ein Zusammenziehen der Filamente bewirke, keineswegs auf eine Reizbarkeit der Trichome geschlossen werden kann.

Haberlandt selbst sprach sich bekanntlich dahin aus, daß die Trichome an den Filamenten der Cynareen Sinnesorgane zur Perzeption der mechanischen Reize darstellen. Dafür sprächen nach seinen Beobachtungen nicht allein der anatomische Bau dieser eigentümlichen Doppeltrichome, sondern auch eine Reihe von Experimenten, welche er mit den Antheren von *C. cyanus*, *jacea* und *orientalis* anstellte. Er fand, daß wohl eine Zerrung der Filamente ohne Berührung der Trichome zu einer Reaktion führte, daß aber auch dann ein Reizerfolg eintritt, wenn mit einer Nadel oder einem Barthaar ausschließlich die Trichome, nicht aber die Filamente selbst »in wahrnehmbarer Weise« verbogen werden.

1. Centaurea americana.

Ehe wir zu unseren eigenen Beobachtungen übergehen, sei eine kurze anatomische Charakteristik der Filamente von *Centaurea americana* vorausgeschickt, soweit sie für die spätere Darlegung von Wichtigkeit erscheint.

Die zirka 1 *cm* langen Filamente haben eine bandförmige Gestalt. In der Mitte des Staubfadens gemessen, stellt sich

---

[1] Über die einschlägige Literatur vergl. Haberlandt, l. c.

das Verhältnis vom Radial- zum Tangentialdurchmesser annähernd wie 1 : 3. Gegen die Basis sowohl wie gegen die Ansatzstelle der Staubbeutel hin verjüngt sich das Filament auf etwa ein Viertel des größten Breitendurchmessers (0·32 *mm*), indem es gleichzeitig eine mehr zylindrische Gestalt annimmt. Die Staubfäden sind bis auf die beiden Enden nahezu in ganzer Länge von Trichomen bedeckt, welche bald horizontal abstehen, bald wieder sich schwach nach oben oder unten krümmen. Sie sind im mittleren Teile des Filamentes (zwischen 2 bis 7 *mm* vom apikalen Ende) am kräftigsten entwickelt, wo sie vereinzelt eine Länge von 0·07 bis 0·12 *mm* erreichen, während sie nach oben und unten hin allmählich in kurze Papillen von 0·026 bis 0·016 *mm* Höhe übergehen.

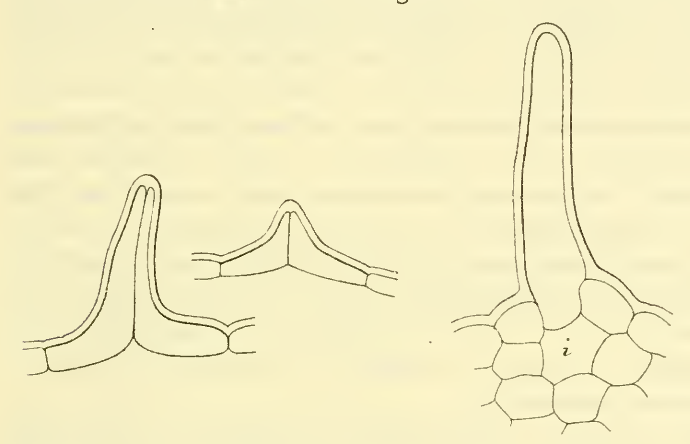


Fig. 1. Trichomenformen von *C. americana*. Aus einem Längsschnitt durch das Filament. Vergr. 470.

Fig. 2. *C. americana*. Trichome aus einem Querschnitt durch das Filament. *i* = Interzellularraum. Vergr. 470.

Die Form der Doppelhaare gleicht am Längsschnitt einem gleichseitigen oder bei den längeren Trichomen einem gleichschenkeligen Dreieck mit abgerundeter Spitze, dessen Basis zur Höhe im ungefähren Verhältnis von 3 : 5 steht. Schlankere Formen, bei welchen die Grundlinie von der Höhe um das Doppelte übertroffen wird, treten nur in spärlicher Zahl auf.

Am Querschnitt durch das Filament ist der Umriß der Haare keulenförmig, ihre größte Breite beträgt 29 μ (ein-

schließlich der Membran). An der Stelle, wo sie sich zwischen die Epidermiszellen einklemmen, verschmälern sie sich bis auf die Hälfte. Ihre Membran ist, soweit sie sich über das Niveau der Epidermis erhebt, ziemlich mächtig (4·4 μ) und durchwegs gleichmäßig stark (höchstens am Scheitel um eine Spur dünnwandiger) ausgebildet. Der basale Teil der Zelle, welcher im Niveau der Epidermis zu liegen kommt, ist hingegen außerordentlich zartwandig.

An der Übergangsstelle der Haare zu den benachbarten Epidermiszellen erscheint am Querschnitte durch das Filament die Zellwand bisweilen verstärkt; ein Gelenk konnte ich nicht auffinden.

Bei *Centaurea americana* fehlen demnach Einrichtungen, welche ein leichtes Verbiegen, beziehungsweise eine Deformation der Trichome begünstigen würden, wodurch sie sich von den durch Haberlandt's Untersuchungen bekannten Arten unterscheidet. Diese ergaben vielmehr, daß die Zellwand und die Cuticula der Trichome im ganzen Umfange oder wenigstens am Scheitel beträchtlich zarter ausgebildet sind als an den Epidermiszellen *(C. jacea, C. cyanus)* oder daß die Haare bei kräftiger Entwicklung der Membran durch den Besitz gelenkartiger Verdünnungen an ihrer Basis ausgezeichnet sind, welche eine — wie man allerdings vermuten sollte, wenig in Betracht kommende — seitliche Verschiebung begünstigen *(C. montana, orientalis)*.

Die auf Grund des anatomischen Baues zu erwartende relative Starrheit der Trichome von *Centaurea americana* fand durch den Versuch ihre volle Bestätigung.

Berührt man unter dem Präpariermikroskop [1] die Haare mit einer Borste, so wird man überrascht durch den ansehnlichen Widerstand, den sie jeder Verbiegung entgegensetzen. Zur Entscheidung der Frage, ob die Trichome als Sinnesorgane fungieren, schlugen wir zunächst denselben Weg ein wie Haberlandt.

---

[1] Zu diesem und den nachstehenden Versuchen bedienten wir uns mit bestem Erfolge des Zeiß'schen binokularen Mikroskopes, das bei 35 facher Vergrößerung ein sehr bequemes Arbeiten gestattete. Bei welchen Vergrößerungen Haberlandt arbeitete, ist nicht genauer angegeben.

Es wurden die Filamente freigelegt, indem entweder die Korolle abpräpariert oder die Staubgefäße an der Basis durchschnitten wurden, und mit einer Schweinsborste der Versuch gemacht, die Trichome, nicht aber das Filament zu verbiegen, stets ohne den erwarteten Erfolg. Die Haare erwiesen sich so steif, daß oft sogar die Borste verbogen wurde, namentlich wenn man sie gegen die Basis der Trichome stemmte, ehe eine Verbiegung der Haare eintrat. Jedenfalls ging es bei einer Biegung der Trichome nicht ohne deutlich erkennbare, wenn auch geringe Zerrung oder Verbiegung der Filamente ab.

In diesem Falle stellte sich dann aber auch sofort die Reizbewegung ein, welche bei bloßer Berührung der Trichome stets ausblieb. Nur bei den zerstreut auftretenden schlanken Trichomen konnte eine Deformation der Haarspitze allein erzielt werden, doch unterblieb auch in diesem Fall eine Reaktion. Für den Eintritt der Reizbewegungen blieb es indessen gleichgültig, ob wir das Trichom selbst oder mit annähernd gleicher Stärke eine haarfreie Stelle des Filamentes berührten. Eine lebhafte Reaktion erfolgte übrigens auch stets, wenn das Filament ohne Berührung der Haare gekrümmt wurde, was bereits Haberlandt hervorhob, oder wenn man mit einer Borste leicht gegen das abgeschnittene Ende eines Staubfadens drückte.

Da die Möglichkeit vorausgesetzt werden mußte, daß sich unsere Pflanze in dieser Beziehung anders verhalte als die von Haberlandt untersuchten Arten, zogen wir noch andere *Centaurea*-Arten, soweit sie zu der bereits vorgeschrittenen Jahreszeit noch erhältlich waren, zum Vergleiche heran.

2. Centaurea jacea.

Eine ausführliche anatomische Charakterisierung wurde bereits von Haberlandt gegeben. Ich beschränke mich daher auf einige, für den Vergleich mit anderen Arten wichtige Angaben.

Länge des Filaments zirka 0·6 *cm*. Größte Breite 0·21 *mm*; gegen beide Enden unbedeutend verschmälert. Länge der Trichome im Maximum 0·54 *mm*; häufigster Wert 0·37 *mm*.

An der Übergangsstelle der Außenwand der Epidermiszelle in die Membran des Trichoms ist am Längsschnitte höchstens eine geringe Verstärkung der Zellwand erkennbar. Die längeren Trichome sind fast stets tordiert.

3. Centaurea rhenana.

Im wesentlichen der *C. jacea* ähnlich, doch in allen Teilen zarter. Länge der Filamente kaum 4·5 *cm*, größte Breite 0·18 *mm*, nach oben auf 0·125 *mm*, nach unten auf 0·114 *mm* verschmälert. Länge der Trichome 0·6 *mm*. Die Trichome stehen senkrecht oder schräg zum Filament, zumeist schräg nach oben gerichtet. Die Ansatzstelle der Trichome erscheint am Längsschnitt oft beträchtlich verstärkt. Die kräftigste Verdickung findet sich bei aufgerichteten Trichomen zumeist auf der nach oben gewendeten Seite. Die längeren Haare regelmäßig tordiert.

Beide Arten waren wegen ihrer verhältnismäßig langen Trichome für unsere Versuche sehr geeignet. Vor jedem Versuch überzeugten wir uns selbstverständlich von der guten Reaktionsfähigkeit der verwendeten Blüten. Bei vorsichtiger Berührung einzelner Staubfadenhaare mit einer Borste gelang es in diesen Fällen mit völliger Sicherheit, die immerhin ziemlich starren Trichome zu verbiegen, ohne das Filament zu zerren, eine Reaktion blieb aber aus. Sie stellte sich jedoch bei kräftigerem Anstoßen an die Haare, das unvermeidlich auch zu einer Deformation der Filamente führte, regelmäßig ein. Auf Grund dieses Ergebnisses erscheint es geradezu ausgeschlossen, daß die Trichome als Sinnesorgane funktionieren.

Zur weiteren Stütze dieser Anschauung versuchten wir die Haarzellen zu töten, ohne die Reizbarkeit der Filamente zu vernichten, um dann die Bedingungen der Perzeption zu prüfen. Leider konnten auf diesem Wege keine völlig einwandsfreien Resultate gewonnen werden. Trotzdem möchte ich die Versuche in Kürze mitteilen, da sie in anderer Beziehung des Interesses nicht entbehren.

Zunächst versuchten wir die Haare einfach abzuschneiden, was wenigstens bei den Arten mit langen Trichomen nach manchen vergeblichen Versuchen auch tatsächlich gelang. Wir

bedienten uns hiezu einer Schere, wie sie zur Öffnung des Tränensackkanals benützt wird, mit dem Unterschiede, daß bei unserem Instrumente beide Branchen der Schere, welche nur 1·5 *mm* breit sind, fein zugespitzt waren.

Die Filamente wurden bloßgelegt und bis auf zwei oder drei abgeschnitten. Die Amputation der Haare gelang schon bei Beobachtung mit freiem Auge. Da dabei aber meistens eine große Anzahl von Trichomen gleichzeitig abgeschnitten wurde, sank der Turgor des Filamentes so stark, daß die Reizbarkeit nicht wiederkehrte. Wurden unter dem Präpariermikroskope hingegen nur einzelne Haare durchschnitten, so stellte sich zwar die Reizbarkeit des Filamentes in ungeschwächtem Maße wieder ein, doch hatten die stehengebliebenen Trichomstummeln ihren Turgor und damit auch ihre Festigkeit völlig eingebüßt. Eine Biegung der verletzten, jetzt gänzlich schlaffen Haare löste keinerlei Reaktion aus, wenn es nicht gelang, durch heftiges Zerren gleichzeitig das Filament zu verbiegen.

Zu dem gleichen Ziele führte auch folgendes bequemeres Verfahren. Die Blüten wurden, in gleicher Weise wie oben adjustiert, unter das Mikroskop gebracht und den Trichomen eine erhitzte Nadel genähert. Die Haare krümmten sich zuerst leicht ein und bräunten sich schließlich bei längerer oder stärkerer Erhitzung. Wenn aber die Haare auch nur so schwach versengt wurden, daß die Bräunung unterblieb, so erschlafften sie ebenso wie im vorigen Versuche. Das Ausbleiben einer Reaktion beim Verbiegen dieser turgorlosen Trichome läßt natürlich keinen zwingenden Schluß zu, da sie in diesem Falle weder als Sinnesorgane noch als Stimulatoren fungieren können.

Von anderen *Centaurea*-Arten wurden noch *C. cyanus* L., *C. scabiosa* L., *C. spinulosa* Roch. und *C. atropurpurea* W. K. zur Untersuchung herangezogen, der Erfolg war stets derselbe.

Während die erstgenannte Art unter allen untersuchten Vertretern der Gattung durch den Besitz eines Haarkragens (vergl. Haberlandt) eine isolierte Stellung einnimmt, stehen bei allen übrigen die Doppeltrichome ähnlich wie bei *C. americana* längs der Filamente verteilt und fehlen nur an den beiden Enden der Staubfäden. Tordierte Trichome treten ziemlich

häufig, wenngleich nicht so regelmäßig als bei *C. jacea* und *rhenana* auf. Die Trichome von *C. scabiosa* sind an der Basis verhältnismäßig stark verdickt (Fig. 3). *C. spinulosa*, namentlich

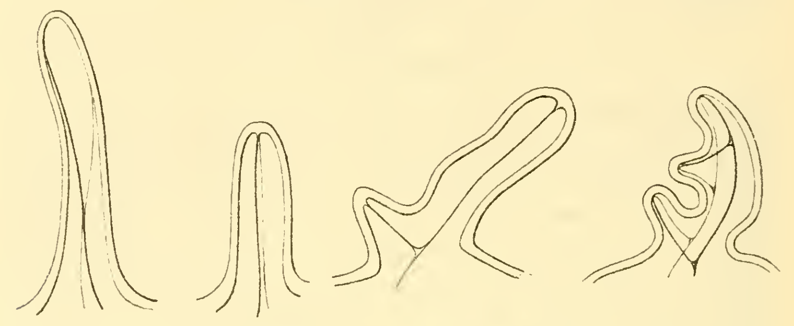


Fig. 3. Trichome von *C. scabiosa*, links ein längeres, tordiertes Haar. Vergr. 470.

Fig. 4. Verzweigte Trichome von *C. atropurpurea*. Vergr. 470.

aber *C. atropurpurea* zeigen häufig einen Ansatz zur Verzweigung, wodurch geradezu monströse Bildungen wie in obenstehender Abbildung entstehen.

Ob den neben den Trichomen auftretenden Papillen die ihnen von Haberlandt zugeschriebene Bedeutung von Sinnesorganen zukommt, entzieht sich derzeit der experimentellen Prüfung, scheint mir aber auf Grund unserer Erfahrungen an Trichomen nicht gerade wahrscheinlich. Jedenfalls müßte der Beweis für ihre Leistung in diesem Sinne erst erbracht werden.

Unsere Versuche an verschiedenen *Centaurea*-Arten führten demnach insgesamt zu dem gleichen Ergebnisse. Entweder gelang es überhaupt nicht, die Trichome zu biegen, ohne gleichzeitig die Filamente zu zerren, oder es unterblieb, falls die Verbiegung auf die Haare beschränkt blieb, jede Reaktion, um sofort einzusetzen, wenn gleichzeitig eine lokale Deformation des Staubfadens eintrat. Dabei muß aber diese Deformation keineswegs immer zu einer Krümmung des Filamentes führen; es reicht oft, wie man bei stärkerer Vergrößerung deutlich erkennen kann, eine geringfügige Zerrung der dem Trichome benachbarten Partieen des Filamentes zur Auslösung der

Bewegung hin. Wenn diese Beobachtungen richtig sind, dann sind aber Staubfadenhaare der *Centaurea*-Arten nicht als Perzeptionsorgane im Sinne Haberlandt's, sondern nur als Stimulatoren aufzufassen, insofern sie eine Deformation auf die Filamente übertragen.

Der anatomische Bau der Trichome läßt sich mit dieser Funktion ganz gut in Einklang bringen, da wir eine Reihe verschiedener Einrichtungen antreffen, welche zweifellos geeignet sind, ihre Festigkeit zu erhöhen. Vor allem wenden die Doppeltrichome dem eindringenden Insektenrüssel ihre Schmalseite entgegen, wodurch eine Verbiegung in der Vertikalebene jedenfalls erschwert wird. Die Festigkeit der längeren Trichome wird überdies durch ihre Torsion vergrößert. Dazu kommen häufig ganz beträchtliche Verdickungen an den Ansatzstellen der Trichome. Befremdlich könnte es jedoch erscheinen, daß Zellen, welche bloß als Stimulatoren fungieren, einen auffallend stark entwickelten plasmatischen Inhalt führen. Da die Trichome jedoch, wie unsere Versuche zeigten, infolge Turgorverlustes bei Verletzungen ihre Festigkeit völlig einbüßen, so erkennen wir gerade im Turgor, der natürlich an die lebende Zelle gebunden ist, die wichtigste Einrichtung zur Erhöhung der Festigkeit. Daß daneben in gewissen Fällen bestimmte anatomische Einrichtungen anzutreffen sind, welche man in Übereinstimmung mit Haberlandt dahin deuten kann, daß sie eine Deformation oder ein seitliches Ausweichen der Trichome erleichtern, soll nicht geleugnet werden, doch glauben wir, dem Ausfall unserer Versuche eine entscheidendere Bedeutung beimessen zu sollen als der oft auf unsicherem Boden ruhenden Deutung anatomischer Befunde.

Zusammenfassung der wichtigeren Ergebnisse.

1. Die Staubfäden von *Centaurea americana* kontrahieren sich nicht bloß infolge mechanischer Reize, sondern unter Umständen auch unabhängig von solchen. Derartige Bewegungen sind wahrscheinlich auf gelegentliche Wasserverschiebungen innerhalb der Filamente zurückzuführen, welche durch Änderungen der meteorologischen Faktoren bedingt werden.

2. Die Annäherung einer heißen Nadel ruft aus demselben Grunde eine Bewegung der Filamente hervor.

3. Ein schwacher mechanischer Reiz ist nicht im stande, die volle Bewegungsamplitude der Filamente auszulösen.

4. Die Staubfädenhaare von *C. americana* und anderer *Centaurea*-Arten fungieren nicht als Perzeptionsorgane mechanischer Reize, wie von Haberlandt angenommen wurde, sondern höchstens als Reizüberträger oder Stimulatoren.